

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-217491

(43)Date of publication of application : 02.08.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

(21)Application number : 2001-008878

(71)Applicant : CANON INC

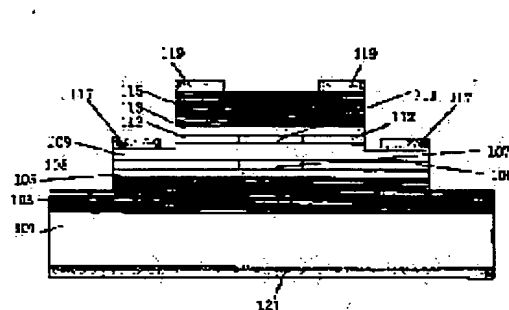
(22)Date of filing : 17.01.2001

(72)Inventor : FURUKAWA YUKIO

(54) SURFACE-EMITTING LASER, AND ITS MANUFACTURING METHOD AND ITS DRIVE METHOD**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface-emitting laser which has low resistance and can have its operating voltage lowered and is reducible in power consumption.

SOLUTION: This surface-emitting laser has a resonator structure, constituted by stacking on a substrate 101, a 1st n-type semiconductor multilayered film mirror layer 103, a 1st active layer 105, a p-type spacer layer 109, a 2nd active layer 113, and a 2nd n-type semiconductor multilayered film mirror layer 115 respectively. Current construction structures 108 and 112 are provided nearby the active layers 105 and 113, to form a p-side electrode 117 electrically connected to the p-type spacer layer 109, a 1st n-side electrode 121 electrically connected to the 1st n-type semiconductor multilayered film mirror layer 103, and a 2nd n-side electrode 119 electrically connected to the 2nd n-type semiconductor multilayered film mirror layer 115.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 14.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3619155

[Date of registration] 19.11.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-217491

(P2002-217491A)

(43) 公開日 平成14年8月2日(2002.8.2)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/183

識別記号

F I

H 0 1 S 5/183

キーワード(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-8878(P2001-8878)

(22) 出願日 平成13年1月17日(2001.1.17)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 古川 幸生

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100086483

弁理士 加藤 一男

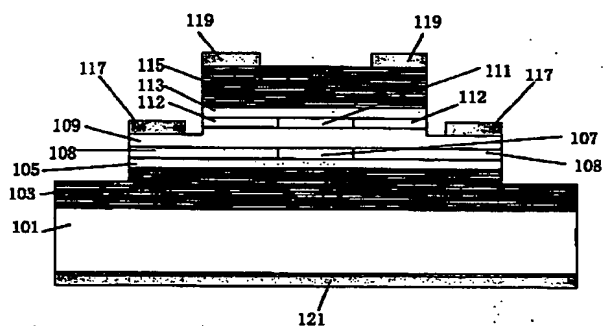
Fターム(参考) 5F073 AA42 AA61 AA65 AA74 AB17
CA05 CA14 DA21 DA27 EA14
EA23

(54) 【発明の名称】 面発光レーザ装置、その製造方法、およびその駆動方法

(57) 【要約】

【課題】 低抵抗で動作電圧を低くでき、低消費電力にできる面発光レーザ装置である。

【解決手段】 面発光レーザ装置は、基板101上に、第1のn型半導体多層膜ミラー層103、第1の活性層105、p型のスペーサ層109、第2の活性層113、第2のn型半導体多層膜ミラー層115、の各層を積層して成る共振器構造を有する。活性層105、113の近傍に電流狭窄構造108、112が設けられ、p型スペーサ層109と電氣的に接続されたp側電極117、第1のn型半導体多層膜ミラー層103と電氣的に接続された第1のn側電極121、第2のn型半導体多層膜ミラー層115と電氣的に接続された第2のn側電極119が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも1つの発光素子を有する面発光レーザ装置であって、基板上に、少なくとも、第1のn型半導体多層膜ミラー層、第1の活性層、p型のスペーサ層、第2の活性層、第2のn型半導体多層膜ミラー層、の各層を積層して成る共振器構造を有し、前記第1の及び第2の活性層の近傍に電流狭窄構造が設けられており、更にp型スペーサ層と電氣的に接続されたp側電極、第1のn型半導体多層膜ミラー層と電氣的に接続された第1のn側電極、第2のn型半導体多層膜ミラー層と電氣的に接続された第2のn側電極が形成されていることを特徴とする面発光レーザ装置。

【請求項2】第1の活性層とp型のスペーサ層の間に第1のAl含有半導体層を含んだ第1のp型電流狭窄層、及びp型のスペーサ層と第2の活性層の間に第2のAl含有半導体層を含んだ第2のp型電流狭窄層が積層され、前記電流狭窄構造が、第1、第2のp型電流狭窄層の第1、第2のAl含有半導体層が選択酸化されて成ることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ装置。

【請求項3】前記基板がn型の半導体基板であり、第1のn型半導体多層膜ミラー層と第1のn側電極とが該基板を介して電氣的に接続されていることを特徴とする請求項1または2に記載の面発光レーザ装置。

【請求項4】前記基板が半絶縁型の半導体基板であり、第1のn型半導体多層膜ミラー層がコンタクト層を含んでおり、該コンタクト層の一部が露出しており、該露出面上に第1のn側電極が形成され、第1のn型半導体多層膜ミラー層と第1のn側電極とが電氣的に接続されていることを特徴とする請求項1または2に記載の面発光レーザ装置。

【請求項5】前記第1、第2の活性層が共振器中に存在する電界の定在波の腹の部分に位置するように、前記スペーサ層の層数、材料、組成、膜厚が設定されていることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の面発光レーザ装置。

【請求項6】前記第1、第2のAl含有半導体層が共振器中に存在する電界の定在波の節の部分に位置するように、第1、第2のp型電流狭窄層の層数、材料、組成、膜厚が設定されていることを特徴とする請求項2から5のいずれかに記載の面発光レーザ装置。

【請求項7】前記スペーサ層が、ドーピング密度の高い半導体層とドーピング密度の低い半導体層を交互に積層した構造で構成されており、該ドーピング密度の高い半導体層が共振器中に存在する電界の定在波の節の部分に位置するように、各層の材料、組成、膜厚が設定されていることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の面発光レーザ装置。

【請求項8】前記第1のn型半導体多層膜ミラー層と第1の活性層との間及び第2のn型半導体多層膜ミラー層と第2の活性層との間の少なくとも一方にも、第3のAl

含有半導体層を含んだ第3のn型電流狭窄層が挿入されており、第3のp型電流狭窄層には、第3のAl含有半導体層が選択酸化されて成る電流狭窄構造が設けられていることを特徴とする請求項2から7のいずれかに記載の面発光レーザ装置。

【請求項9】複数の発光素子を有する面発光レーザ装置であって、各発光素子のp側電極が電氣的に接続されたアノードコモン型の面発光レーザ装置であることを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載の面発光レーザ装置。

【請求項10】前記Al含有半導体層が、 $Al_xGa_{1-x}As$ 、 $Al_xIn_{1-x}As$ 、 $Al_xGa_{1-x}P$ 、 $Al_xIn_{1-x}P$ 、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}As$ 、または $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$)の少なくとも1種類から構成されることを特徴とする請求項2から9のいずれかに記載の面発光レーザ装置。

【請求項11】請求項3に記載の面発光レーザ装置の製造方法であって、基板上に、第1のn型半導体多層膜ミラー層、第1の活性層、第1のAl含有半導体層を含んだ第1のp型電流狭窄層、p型のスペーサ層、第2のAl含有半導体層を含んだ第2のp型電流狭窄層、第2の活性層、第2のn型半導体多層膜ミラー層、の各層を積層成長する工程と、第1のp型電流狭窄層が側面に露出するまで除去して柱状の発光領域を形成する工程と、発光領域の中心近傍まで第1、第2のAl含有半導体層を同時に酸化することでスペーサ層の上下に電流狭窄構造を形成する工程と、発光領域の外周部をスペーサ層が表面に露出するまで除去して階段構造を形成する工程と、該露出したスペーサ層表面上にp側電極を形成する工程、を含むことを特徴とする面発光レーザ装置の製造方法。

【請求項12】請求項4に記載の面発光レーザ装置の製造方法であって、半絶縁性基板上に、コンタクト層を含んだ第1のn型半導体多層膜ミラー層、第1の活性層、第1のAl含有半導体層を含んだ第1のp型電流狭窄層、p型のスペーサ層、第2のAl含有半導体層を含んだ第2のp型電流狭窄層、第2の活性層、第2のn型半導体多層膜ミラー層、の各層を積層成長する工程と、該コンタクト層が表面に露出するまで除去して柱状の発光領域を形成する工程と、発光領域の中心近傍まで第1、第2のAl含有半導体層を同時に酸化することでスペーサ層の上下に電流狭窄構造を形成する工程と、発光領域の外周部をスペーサ層が表面に露出するまで除去して階段構造を形成する工程と、該露出したスペーサ層表面上にp側電極を形成する工程と、コンタクト層上にn側電極を形成する工程、を含むことを特徴とする面発光レーザ装置の製造方法。

【請求項13】請求項1から10のいずれかに記載の面発光レーザ装置の駆動方法であって、第1のn側電極と

第2のn側電極とを電氣的に接続して等電位としておき、それらの電極とp側電極の間に、電流を注入、もしくは電圧を印加することでレーザ駆動を行なうことを特徴とする面発光レーザ装置の駆動方法。

【請求項14】請求項1から10のいずれかに記載の面発光レーザ装置の駆動方法であって、第1のn側電極とp側電極の間、および、第2のn側電極とp側電極の間に、それぞれ独立に、電流を注入、もしくは電圧を印加することでレーザ駆動を行なうことを特徴とする面発光レーザ装置の駆動方法。

【請求項15】請求項1から10のいずれかに記載の面発光レーザ装置の駆動方法であって、第1のn側電極とp側電極の間に、バイアス電流を注入、もしくはバイアス電圧を印加し、第2のn側電極とp側電極の間に交調電流を注入、もしくは交調電圧を印加することで発振状態を変調することを特徴とする面発光レーザ装置の駆動方法。

【請求項16】請求項15に記載の面発光レーザ装置の駆動方法において、複数の発光素子を有する面発光レーザ装置の駆動方法であって、各発光素子のp側電極同士、および第1のn側電極同士を電氣的に接続して等電位としておき、第1のn側電極とp側電極の間に、各発光素子に共通のバイアス電流を注入、もしくはバイアス電圧を印加し、かつ、各発光素子ごとに独立に、第2のn側電極とp側電極の間に交調電流を注入、もしくは交調電圧を印加することで発振状態を変調することを特徴とする面発光レーザ装置の駆動方法。

【請求項17】請求項4から10のいずれかに記載の面発光レーザ装置の駆動方法であって、複数の発光素子を有する面発光レーザ装置の駆動方法であって、各発光素子のp側電極同士を電氣的に接続して等電位としておき、第1のn側電極とp側電極の間に注入する電流もしくは印加する電圧と、第2のn側電極とp側電極の間に注入する電流もしくは印加する電圧との割合を異なる発光素子で変化させた状態でレーザ駆動を行なうことを特徴とする面発光レーザ装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大容量光通信、光インターコネクションや光情報処理、並列光記録等の光源として用いられる面発光レーザ装置とその製造方法、駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】大容量の光通信や光インターコネクションを実現するために、複数のレーザ素子をアレイ状に配置し、光情報を並列に伝送する研究が進められている。また、レーザビームプリンタの更なる高速化を進めるために、記録光源を複数にする方式が検討されている。このような光源のアレイ化に適した発光デバイスとして、垂直共振器型面発光半導体レーザ（Vertical Cavity Su-

rface Emitting Laser:VCSEL）が注目されている。

【0003】近年、Alを含んだ半導体層を活性層近傍に設け、その層を選択的に酸化して電流狭窄構造を設けることで面発光レーザの性能を向上させる研究が盛んに行われている。この選択酸化を用いた面発光レーザの例がAppl. Phys. Lett. 1995, 66, (25), pp. 3413-3415において開示されている。この例の模式図を図6に示す。この例では、n型の半導体多層膜ミラー1001の上に、活性層1003、Alを含んだ半導体層1005、p型の半導体多層膜ミラー1007、開口を設けたp側電極1009が積層されている。

【0004】この構成において、Alを含んだ半導体層1005は選択酸化され、その外周部が Al_xO_y を主成分とする絶縁層1006となっており、電流狭窄構造が形成されている。これにより、活性層1003に効果的且つ効率的に電流を注入することができ、しきい値電流の低減が期待できるとともに、単一モード発振を実現できる。しかし、この構造の場合、p型の半導体多層膜ミラー1007の抵抗の高さ、および電流狭窄部分での電流の通過領域が数 μm 程度（面積で20平方 μm 程度）と小さいことに起因する抵抗の増加のため、高抵抗である。そのため、所定の光パワーを得るために必要な動作電圧が高くなる、素子自体が発熱してしまい特性が劣化する、といった欠点がある。

【0005】上記抵抗を低減するため、いくつかの方法が検討されている。1つは、Electron. Lett., 1995, 31, (11), pp. 886-888に示されているように半導体多層膜ミラーを迂回して電流を注入する方法である。この例の模式図を図7に示す。この例では、n型基板2001の上に、n型半導体多層膜ミラー2003、活性層2005、Alを含んだ半導体層2007、p型コンタクト層2009、アンドープの半導体多層膜ミラー2011が積層されて成る。ここにおいて、Alを含んだ半導体層2007は選択酸化され、その外周部が Al_xO_y を主成分とする絶縁層2008となっており、電流狭窄構造が形成されている。また、p型コンタクト層2009上にはp側電極2013が形成され、n型基板2001の表面上にはn側電極2015が形成されている。p側電極2013はコンタクト層2009上に設けられているので、抵抗の高いp型半導体多層膜ミラー2011は電流のパスとして用いられていない。

【0006】抵抗低減の他の方法としては、p型基板上にp型半導体多層膜ミラー、Alを含んだ半導体層、活性層、n型半導体多層膜ミラーを積層して、n型半導体多層膜ミラー側からエッチングしてAlを含んだ半導体層の側面を露出させた柱状の突起を形成し、Alを含んだ半導体層を中心近傍まで酸化して電流狭窄構造を構成する方法もある。この場合、p型半導体多層膜ミラー中を通過する電流の面積を大きくできるので抵抗低減の効果がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の面発光レーザ装置においては、p型半導体多層膜ミラーの抵抗についての抵抗低減の効果はあるが、電流狭窄部分が微小面積であることによる抵抗増加については考慮されていない。

【0008】このような課題に鑑み、本発明の目的は、低抵抗で動作電圧を低くでき、低消費電力にでき、アノードコモン化が可能で、高速変調可能で、波長可変で波長多重が可能な構成に容易にできる面発光レーザ装置、その製造方法、および駆動方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の面発光レーザ装置は、少なくとも1つの発光素子を有する面発光レーザ装置であって、基板上に、少なくとも、第1のn型半導体多層膜ミラー層、第1の活性層、p型のスペーサ層、第2の活性層、第2のn型半導体多層膜ミラー層、の各層を積層して成る共振器構造を有し、前記活性層の近傍に電流狭窄構造が設けられており、更にp型スペーサ層と電氣的に接続されたp側電極、第1のn型半導体多層膜ミラー層と電氣的に接続された第1のn側電極、第2のn型半導体多層膜ミラー層と電氣的に接続された第2のn側電極が形成されていることを特徴とする。

【0010】上記構造によれば、p型半導体多層膜ミラー層が不要になるので、素子抵抗を小さくすることが可能となり、動作電圧、消費電力を低減できる。さらに、発光部を複数設けた場合において、各素子のp側電極を等電位としてアノードコモン化が可能となる。また、両活性層の近傍に電流狭窄部を設ける場合に、高抵抗である電流狭窄部の抵抗が並列に接続された状態となるので、素子抵抗を更に小さくすることが可能となる。電流狭窄部は活性層の外周部にイオン注入領域を形成するなどしても設けられるが、好適には、次の様にするといふ。第1の活性層とp型のスペーサ層の間に第1のA1含有半導体層を含んだ第1のp型電流狭窄層、及びp型のスペーサ層と第2の活性層の間に第2のA1含有半導体層を含んだ第2のp型電流狭窄層を積層し、第1、第2のp型電流狭窄層の第1、第2のA1含有半導体層を選択酸化して電流狭窄構造を設ける。この方法では、制御性良く柔軟に電流狭窄構造を形成できる。

【0011】より具体的には、ある実施形態においては、前記基板がn型の半導体基板であり、第1のn型半導体多層膜ミラー層と第1のn側電極とが基板を介して電氣的に接続されていることを特徴としている。この構造によれば、複数の発光部を設けた場合の、各素子の第1のn側電極同士、p側電極同士を電氣的に接続させた構造を容易に形成できる。

【0012】また、ある実施形態においては、前記基板が半絶縁型の半導体基板であり、第1のn型半導体多層

膜ミラー層がコンタクト層を含んでおり、コンタクト層の一部が露出しており、該露出面上に第1のn側電極が形成され、第1のn型半導体多層膜ミラー層と第1のn側電極とが電氣的に接続されていることを特徴としている。この構造によれば、複数の発光部を設けた場合の、各素子の第1のn側電極同士を電氣的に絶縁させた構造を容易に形成できる。

【0013】更に、上記目的を達成する本発明による面発光レーザ装置の製造方法は、基板上に、第1のn型半導体多層膜ミラー層、第1の活性層、第1のA1含有半導体層を含んだ第1のp型電流狭窄層、p型のスペーサ層、第2のA1含有半導体層を含んだ第2のp型電流狭窄層、第2の活性層、第2のn型半導体多層膜ミラー層、の各層を積層成長する工程と、第1のp型電流狭窄層が側面に露出するまで除去して柱状の発光領域を形成する工程と、発光領域の中心近傍まで第1、第2のA1含有半導体層を同時に酸化することでスペーサ層の上下に電流狭窄構造を形成する工程と、発光領域の外周部をスペーサ層が表面に露出するまで除去して階段構造を形成する工程と、スペーサ層上にp側電極を形成する工程、を含むことを特徴としている。

【0014】上記製造方法によれば、第1、第2のA1含有半導体層の酸化前の形状がほぼ同一であり、かつ、同一条件で同時に酸化できるので、上下の電流狭窄構造の中心がほぼ一致し、共振方向での狭窄部の位置ずれを小さくできる。その結果、共振器損失を小さくできる。

【0015】また、上記目的を達成する本発明による面発光レーザ装置の別の製造方法は、半絶縁性基板上に、コンタクト層を含んだ第1のn型半導体多層膜ミラー層、第1の活性層、第1のA1含有半導体層を含んだ第1のp型電流狭窄層、p型のスペーサ層、第2のA1含有半導体層を含んだ第2のp型電流狭窄層、第2の活性層、第2のn型半導体多層膜ミラー層、の各層を積層成長する工程と、該コンタクト層が表面に露出するまで除去して柱状の発光領域を形成する工程と、発光領域の中心近傍まで第1、第2のA1含有半導体層を同時に酸化することでスペーサ層の上下に電流狭窄構造を形成する工程と、発光領域の外周部をスペーサ層が表面に露出するまで除去して階段構造を形成する工程と、該露出したスペーサ層表面上にp側電極を形成する工程と、コンタクト層上にn側電極を形成する工程、を含むことを特徴とする。

【0016】更に、上記目的を達成する本発明による面発光レーザ装置の駆動方法は、第1のn側電極と第2のn側電極とを電氣的に接続して等電位としておき、それらの電極とp側電極の間に、電流を注入、もしくは電圧を印加することでレーザ駆動を行なうことを特徴としたり、第1のn側電極とp側電極の間、および第2のn側電極とp側電極の間に、電流を注入（もしくは電圧を印加）することでレーザ駆動を行なうことを特徴としたり

する。後者の場合、2つの注入電流のうち、一方をバイアス電流、他方を変調電流とすることで、変調振幅を小さくでき、高速変調が可能となる。また、2つの注入電流のバランスを制御することで発振波長を制御することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】ここで、 n 型GaAs基板を用い、発振波長を830nmとする場合を例にとり、本発明の一実施の形態を説明する。図2を用いて説明する。

【0018】この実施形態では、 n 型GaAs基板101上に、 n -Al_{0.9}Ga_{0.1}As/ n -Al_{0.1}Ga_{0.9}Asからなる第1の n 型半導体多層膜ミラー層103、第1の活性層105、第1のAl含有半導体層を含んだ第1の p 型電流狭窄層107、 p 型のスペーサ層109、第2のAl含有半導体層を含んだ第2の p 型電流狭窄層111、第2の活性層113、 n -Al_{0.9}Ga_{0.1}As/ n -Al_{0.1}Ga_{0.9}Asからなる第2の n 型半導体多層膜ミラー層115、の各層を積層して共振器構造を形成する。さらに、下側の第1の p 型電流狭窄層107が側面に露出するまで材料を除去して柱状の発光領域を形成し、第1、第2のAl含有半導体層107、111を側面より酸化して発光領域の中心近傍に電流狭窄構造を設ける。つづいて、発光領域の外周部をスペーサ層109が表面に露出するまで材料を除去して階段構造を形成し、露出したスペーサ層表面上に p 側電極117を形成する。さらに、基板101の裏面に第1の n 側電極121、第2の n 型半導体多層膜ミラー層115上に電氣的に接続された第2の n 側電極119を設ける。

【0019】第1、第2の活性層105、113は、例えば、PL (photo luminescence) ピーク波長830nmのGaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}Asからなる3重量子井戸構造をAlGaAsキャリアブロック層で挟んだ構成とする。トータルの膜厚は1波長になるように設定しておく。これは後述する図3の構成を実現し易くする為である。キャリアブロック層としては、例えば、Al_{0.5}Ga_{0.5}Asとしてもよいし、Al組成を層方向に徐々に変化させた組成変調層としてもよい。

【0020】第1、第2の n 型半導体多層膜ミラー層103、115としては、 n -Al_{0.9}Ga_{0.1}As/ n -Al_{0.1}Ga_{0.9}Asだけでなく、低屈折率層(Al組成比の大きい層)と高屈折率層(Al組成比の小さい層)との間に組成変調層を設けることでバンドギャップエネルギーが連続的に変化する様にして、さらに抵抗を下げる構造としてもよい。

【0021】第1、第2の p 型電流狭窄層107、111は、例えば、 p -AlAsをAlを含んだ選択酸化層とし、それを p -Al_{0.9}Ga_{0.1}Asで挟んだ3層構成とする。AlGaAsを熱酸化する場合、Al組成比が小さいほど酸化速度が速く、Al組成比が0.9以下の場合にはほとんど酸化しないという性質がある。よって、

上記した電流狭窄層を、発光領域を残して酸化すると、AlAs層のみがAl_xO_yに変化して絶縁層となるが、上下の p -Al_{0.9}Ga_{0.1}Asは変化しない。こうして、電流狭窄構造が実現できる。なお、上記の3層構成においては、 p -AlAsと p -Al_{0.9}Ga_{0.1}Asの界面の方が p -AlAsの中央部よりも酸化速度が遅くなる為、形成されたAl_xO_y層の形状は先の尖ったテーパ状になる。そのため、面内方向の屈折率の分布が連続的となり、散乱等の損失の影響を小さくすることができる。さらに、Al_xO_y層界面での散乱の影響を極力小さくするため、AlAs層が共振器中に存在する電界の定在波の節の部分に位置するように、電流狭窄層を構成する各層の膜厚を設定しておくことが望ましい。

【0022】第1、第2の p 型電流狭窄層107、111としては、単層のAlAs層や、Al組成比0.9以上のAlGaAs層を用いてもよい。

【0023】 p 型スペーサ層109は、例えば、単層の p -Al_{0.1}Ga_{0.9}Asとする。しきい値電流を小さくするためには、定在波の腹の部分に活性層105、113が位置するように、スペーサ層の膜厚を設定しておくことが望ましい。

【0024】抵抗低減の観点からは、ドーピング密度を増やして p 型スペーサ層109を低抵抗化したほうが良いが、この場合、この層の光の吸収率が増加してしまう為しきい値電流が増加してしまう。そこで、スペーサ層を、ドーピング密度の高い半導体層とドーピング密度の低い半導体層を交互に積層し、かつ、ドーピング密度の高い半導体層が定在波の節の部分に位置するように各層の材料、組成、膜厚を設定した構造としてもよい。こうすることで光吸収の増加を抑えることができる。

【0025】電極としては、 n 側電極119、121として、Ti/AuやAuGe/Ni/Auなど、 p 側電極117として、Ti/AuやCr/Auを用いることができる。

【0026】基板101としては、半絶縁性GaAs基板であってもよい。この場合は、第1の n 型半導体多層膜ミラー層103中の一層(n -Al_{0.1}Ga_{0.9}As)を高ドーピング密度としたコンタクト層を形成しておき、発光領域の外側にコンタクト層を露出させた領域を形成し、その上に第1の n 側電極を形成しておけばよい。この構造の場合、複数の発光部を設けたときに、各素子の第1の n 側電極同士を電氣的に絶縁させた構造を容易に形成でき、素子間の電氣的干渉を低減できると共に、各素子の第1の n 側電極、第2の n 側電極に独立に電流注入や電圧印加を行うことができ、同一の層構成でありながら波長多重面発光レーザアレイが構成できる。

【0027】上記実施形態の駆動方法については、
・第1の n 側電極と第2の n 側電極とを電氣的に接続して等電位としておき、それらの電極と p 側電極の間に、

電流を注入、もしくは電圧を印加することでレーザ駆動を行なう。

・第1のn側電極とp側電極の間、および、第2のn側電極とp側電極の間に、それぞれ独立に、電流を注入、もしくは電圧を印加することでレーザ駆動を行なう。

・第1のn側電極とp側電極の間にバイアス電流を注入、もしくはバイアス電圧を印加し、第2のn側電極とp側電極の間に交調電流を注入、もしくは交調電圧を印加することで（或いは第1と第2のn側電極の役目を逆にする）、交調振幅を小さくでき、高速交調が可能となる。といった駆動方法が可能である。

【0028】発光部を複数形成した場合は、

・各発光素子のp側電極同士、および第1のn側電極同士を電氣的に接続して等電位としておき、第1のn側電極とp側電極の間に各発光素子に共通のバイアス電流を注入、もしくはバイアス電圧を印加し、かつ、各発光素子ごとに独立に、第2のn側電極とp側電極の間に交調電流を注入、もしくは交調電圧を印加することで、発振状態を変調する。

・各発光素子のp側電極同士を電氣的に接続して等電位としておき、第1のn側電極とp側電極の間に注入する電流もしくは印加する電圧と、第2のn側電極とp側電極の間に注入する電流もしくは印加する電圧との割合を各発光素子ごとに変化させた状態でレーザ駆動を行なうことで波長多重面発光レーザアレイを構成する。といった駆動方法が可能である。

【0029】本発明による面発光レーザ装置はアノードコモン型のレーザドライバーを用いて駆動できるので、高速交調に有利である。

【0030】上記実施形態において、波長は830nmに限定されることはなく、設定する波長に応じて各層の材料、組成、膜厚、層数を適宜設定すればよいことは明らかである。

【0031】基板も、GaAs基板の他に、InP基板や、AlGaAs基板であってもよい。

【0032】酸化を施すAl含有半導体層としては、上記したAlAsの他に、 $Al_xGa_{1-x}As$ 、 $Al_xIn_{1-x}As$ 、 $Al_xGa_{1-x}P$ 、 $Al_xIn_{1-x}P$ 、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}As$ 、または $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$)のいずれかからなる1層構成、またはその複数層構成であってもよい。

【0033】また、上記実施形態において、第1、第2の活性層を同一の構成としているが、これに限ったものではなく、発振波長をより柔軟に制御できる様に異なった構成としてもよい。第1、第2のp型電流狭窄層についても同様に、異なった構成としてもよい。これにより、例えば、第1のn側電極とp側電極の間に注入する電流もしくは印加する電圧と、第2のn側電極とp側電極の間に注入する電流もしくは印加する電圧との割合を

変える際の波長シフトの効果をより大きくできる。

【0034】また、活性層とn型半導体多層膜ミラー層の間にもn型の電流狭窄層を設けて、さらに、電流狭窄効果を高めた構造にしてもよい。

【0035】以下に、上記実施形態を更に具体的にした実施例を図面を参照しつつ説明する。

【0036】（第1の実施例）図1、図2を用いて本発明による面発光レーザ装置の第1の実施例を説明する。図1は、本実施例による面発光レーザ装置の断面図である。図2は作製工程を示す図である。

【0037】まず、図2を用いて作製工程を説明する。n-GaAs基板101上に、n-Al_{0.9}Ga_{0.1}As/n-Al_{0.1}Ga_{0.9}As 22.5周期からなる第1のn型半導体多層膜ミラー103、第1の活性層105、第1のp型電流狭窄層107、p型スペーサ層109、第2のp型電流狭窄層111、第2の活性層113、n-Al_{0.9}Ga_{0.1}As/n-Al_{0.1}Ga_{0.9}As 22周期からなる第2のn型半導体多層膜ミラー層115、の各層を積層して共振器構造を形成する（図2（a））。

【0038】次いで、柱状の発光領域を残して、第1の電流狭窄層105が側面に露出するまで半導体層をClガスを用いた反応性イオンエッチングによってドライエッチングする（図2（b））。発光領域は、直径40μmの円柱状とした。

【0039】次に、第1、第2の電流狭窄層107、111を一括して酸化することで、絶縁層108、112を形成する（図2（c））。中央の電流狭窄領域が直径5μmとなるように絶縁層を形成した。酸化の条件は、水蒸気雰囲気中で390℃、35分とした。

【0040】さらに、発光領域の一部を、p型スペーサ層109が表面に露出するまでエッチングし、階段構造を形成する（図2（d））。上部の円柱は直径20μmとした。エッチング方法は、半導体層についてはドライエッチング、酸化により形成したAl_xO_y層はふっ酸とふっ化アンモニウムの混合液によるウェットエッチングを用いた。

【0041】最後に、p型スペーサ層109上の所定位置にCr/Auからなるp側電極117、基板101の裏面側にAuGe/Ni/Auからなる第1のn側電極121、第2のn型半導体多層膜ミラー層115上にAuGe/Ni/Auからなる第2のn側電極119を形成する（図2（e））。電極119には、直径10μmの光取出し用の開口部が設けてある。

【0042】このような作製方法を用いることで、第1、第2のp型電流狭窄層107、111の酸化前の形状がほぼ同一であり、かつ、同一条件で同時に酸化できるので、上下の電流狭窄構造の中心がほぼ一致し、共振方向での電流狭窄部の位置ずれを小さくできる。その結果、共振器損失を小さくできる。

【0043】第1の活性層105、第1のp型電流狭窄層107、p型スペーサ層109、第2のp型電流狭窄層111、第2の活性層113の構成について、図3を用いて詳細に説明する。

【0044】第1(第2)の活性層105(113)は、波長830nmに利得ピークを有するGaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As3重量子井戸105b(113b)をAl組成を0.3から0.6まで徐々に変化したAlGaAsキャリアブロック層105a(113a)で挟んだ構成とした。活性層全体の光学的厚さが1波長となるように各層の膜厚を設計した。

【0045】第1(第2)のp型電流狭窄層107(111)は、酸化速度の速いp-AlAs層107b(111b)を酸化が殆ど進まないp-Al_{0.9}Ga_{0.1}As層107a(111a)で挟んだ3層構成とした。電流狭窄層全体の光学的厚さが1/2波長となり、かつ、p-AlAs層107b(111b)が共振器中に存在する電界の定在波の節の部分に位置するように各層の膜厚を設定した。

【0046】p型スペーサ層109は、高ドーピング濃度(10¹⁹cm⁻³以上)のp-Al_{0.1}Ga_{0.9}As層109bを低ドーピング濃度(10¹⁸cm⁻³程度)のp-Al_{0.1}Ga_{0.9}As層109aで挟んだ構成とした。p型スペーサ層109全体の光学的厚さが2波長となり、かつ、吸収を少なくする為に高ドーピング濃度層109bが共振器中に存在する電界の定在波の節の部分に位置するように各層の膜厚を設定した。

【0047】このような構成とすることで、光散乱や吸収による損失の要因となる層は、電界の定在波の節の位置に配置され、利得を与える活性層は電界の定在波の腹の位置に配置される。よって、レーザ装置を低しきい値電流で動作させることが可能となる。

【0048】本実施例による面発光レーザ装置の駆動について説明する。第1、第2のn側電極121、119をショートして、p側電極117より電流を注入したところ、レーザのしきい値電流は2.6mAであり、電流8mAにおいて、2.1mWの光出力を得ることができた。このときの発振波長は832nmであり、電圧は2.45V、微分抵抗は62Ωであった。一方、n側電極121、119をショートせずに、第1のn側電極121とp側電極117間に2.45Vの電圧を印加した場合の微分抵抗は110Ωであり、第2のn側電極119とp側電極117間に2.45Vの電圧を印加した場合の微分抵抗は140Ωであった。この結果から、高抵抗である電流狭窄部の抵抗を並列に接続した状態をとることで、素子抵抗を小さくすることが可能となったことが分かる。

【0049】また、第1のn側電極121とp側電極117間に2.5mAのバイアス電流を注入しておき、第

2のn側電極119とp側電極117間に振幅2mAの矩形の変調電流を注入したところ、光強度変調信号を発生させることができた。このときの、立ち上がり、立ち下がり時間は共に1ns以下であった。

【0050】また、第1のn側電極121とp側電極117間に4mA、第2のn側電極119とp側電極117間に4mAの電流を注入したところ、832.1nmで発振した。注入電流をそれぞれ3mA、5mAに変えたところ、光出力には殆ど変化はなく、発振波長が832.6nmと変化した。すなわち、本実施例の構造の面発光レーザが波長可変面発光レーザとして機能することを確認できた。

【0051】(第2の実施例)図4を用いて本発明による面発光レーザ装置の第2の実施例を説明する。図4は、本実施例による面発光レーザ装置の断面図である。本実施例は、複数の発光部を形成した面発光レーザ装置の駆動方法に関するものである。層構成、作製方法は第1の実施例と同様であり、詳細の説明は省略する。

【0052】以下、発光部を2つ設けた場合について説明する。200および300は第1の実施例と同様の面発光レーザである。p型スペーサ層109上の所定位置に、Cr/Auからなるp側電極201、301が形成されている。また、基板101の裏面側にAuGe/Ni/Auからなる第1のn側電極205が、第2のn型半導体多層膜ミラー層115上にAuGe/Ni/Auからなる第2のn側電極203、303が形成されている。電極203、303には、光取出し用の開口部が設けてある。

【0053】第1のn側電極205は各発光素子の共通電極となっている。また、p側電極201、301は電氣的に接続されて等電位となっている。

【0054】共通の第1のn側電極205はバイアス電流用の電流源と接続されている。また、第2のn側電極203、205は、各発光素子ごとに独立に、アノードコモン型のレーザドライバおよび変調電流用の電流源と接続されている。

【0055】本面発光レーザ装置の駆動について説明する。バイアス電流を5mAとした。このとき、各発光素子にはそれぞれ2.5mA注入されている。変調電流は、各発光素子とも2mAとした。この状態で、各レーザドライバに変調信号を印加したところ、各発光素子それぞれより光強度変調信号を発生させることができた。このときの立ち上がり、立ち下がり時間は、各発光素子とも共に1ns以下であった。

【0056】本実施例により、本発明の面発光レーザ装置がアノードコモン型のレーザドライバを用いて駆動できることが明らかになった。

【0057】(第3の実施例)図5を用いて本発明による面発光レーザ装置の第3の実施例を説明する。図5は、本実施例による面発光レーザ装置の断面図である。

本実施例は、複数の発光部を形成した面発光レーザ装置に関するものである。第1の実施例と異なり、本実施例においては基板として半絶縁型GaAs基板601を用いている。図5において、第1の実施例と同一の部材には同一の番号が付してある。

【0058】本実施例では、半絶縁型GaAs基板601上に、 $n\text{-AlO}_3\text{GaO}_3\text{As}/n\text{-AlO}_3\text{GaO}_3\text{As}$ 22.5周期からなる第1のn型半導体多層膜ミラー層603、第1の活性層105、第1のp型電流狭窄層107、p型のスペーサ層109、第2のp型電流狭窄層111、第2の活性層113、 $n\text{-AlO}_3\text{GaO}_3\text{As}/n\text{-AlO}_3\text{GaO}_3\text{As}$ 22周期からなる第2のn型半導体多層膜ミラー層115、の各層を積層して共振器構造を形成する。第1のn型半導体多層膜ミラー層603の途中には、 $n\text{-AlO}_3\text{GaO}_3\text{As}$ を高ドーピング密度としたコンタクト層(図5中不図示)が形成されている。

【0059】上記共振器構造をエッチングして図5に示す階段構造を形成する。さらに、p型スペーサ層109上の所定位置にCr/Auからなるp側電極401、501を形成し、第1のn型半導体多層膜ミラー層603中のコンタクト層上にAuGe/Ni/Auからなる第1のn側電極405、505を形成し、第2のn型半導体多層膜ミラー層115上にAuGe/Ni/Auからなる第2のn側電極403、503を形成して、面発光レーザ400、500を構成する。電極403、503には、光取出し用の開口部が設けてある。また、各面発光レーザ間に半絶縁型GaAs基板601内に達する分離溝600を形成することで、素子間を電氣的に分離している。

【0060】本実施例による面発光レーザ装置の駆動について説明する。面発光レーザ400において、第1のn側電極405とp側電極401間に4mA、第2のn側電極403とp側電極401間に4mAの電流を注入したところ、831.9nmで発振した。また、面発光レーザ500において、第1のn側電極505とp側電極501間に3mA、第2のn側電極503とp側電極501間に5mAの電流を注入したところ、831.9nmとは0.5nm異なる832.4nmで発振した。光出力には大きな差はなかった。すなわち、本実施例の共通の層構造を持つ面発光レーザ装置が多波長発振面発光レーザアレイとして機能することを確認できた。

【0061】また、本実施例では、第2の実施例によ

に、バイアス電流および変調電流で変調する方式においても有効である。すなわち、作製プロセスやその他の要因によって素子抵抗やしきい値電流が素子ごとにばらつくが、各素子ごとに独立にバイアス電流を設定することで変調時の光出力や振幅を一定にできるので、より制御性よく変調動作させることが可能となる。また、各素子間は電氣的に分離されており、それぞれの変調信号が干渉することがないので、各素子をより安定に動作させることができる。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、低抵抗で動作電圧が低くでき、低消費電力にでき、アノード共通化が可能で、高速変調可能で、波長可変で波長多重が可能な面発光レーザ装置、その製造方法、および駆動方法を実現することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の実施例を示す断面図。

【図2】第1の実施例の作製工程を説明する断面図。

【図3】層構成を示す図。

【図4】本発明による第2の実施例を示す断面図。

【図5】本発明による第3の実施例を示す断面図。

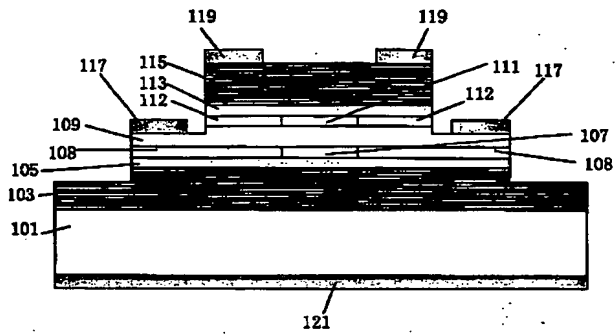
【図6】従来例を示す断面図。

【図7】別の従来例を示す断面図。

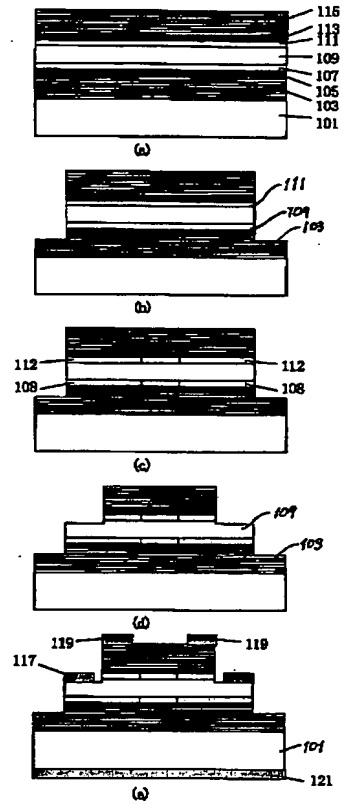
【符号の説明】

101	n型基板
103、115、603	n型半導体多層膜ミラー
105、113	活性層
105a、113a	キャリアブロック層
105b、113b	多重量子井戸
107、111	p型電流狭窄層
107a、111a	AlGaAs層
107b、111b	AlAs層
108、112	絶縁層
109	p型スペーサ層
109a	低ドーパAlGaAs層
109b	高ドーパAlGaAs層
117、201、301、401、501	p側電極
119、121、203、205、303、403、405、503、505	n側電極
200、300、400、500	面発光レーザ
600	分離溝
601	半絶縁型基板

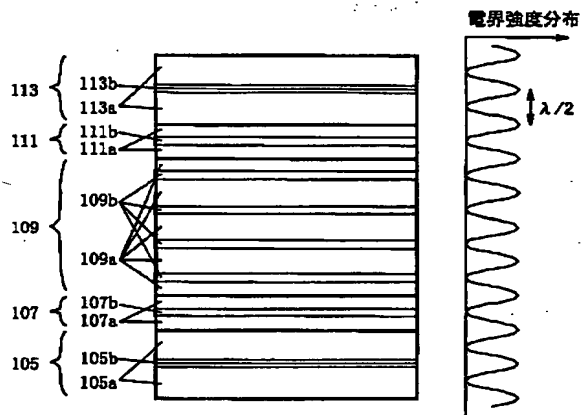
【図1】



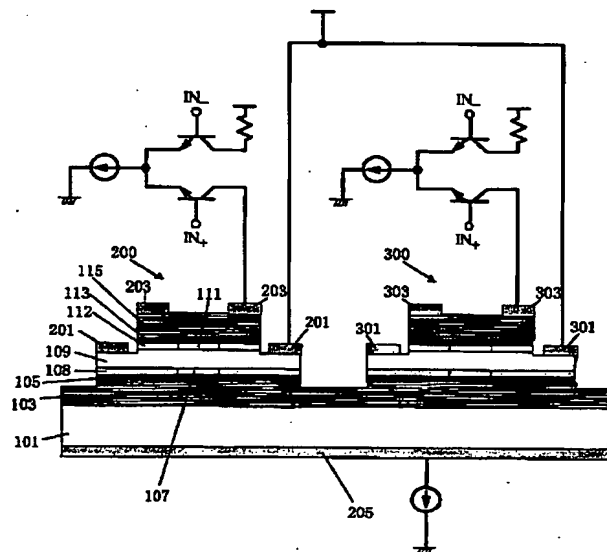
【図2】



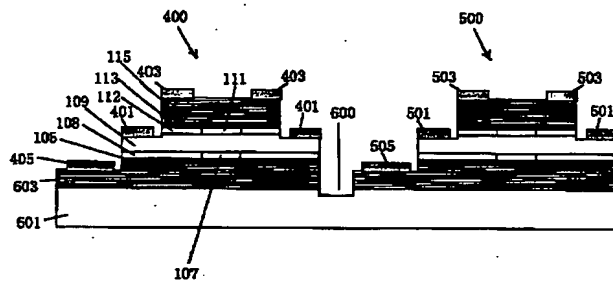
【図3】



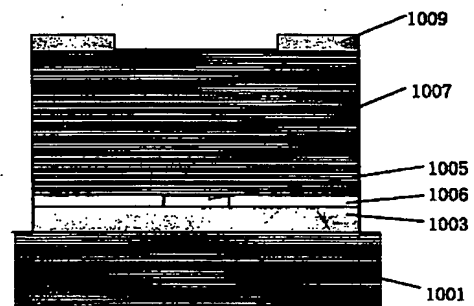
【図4】



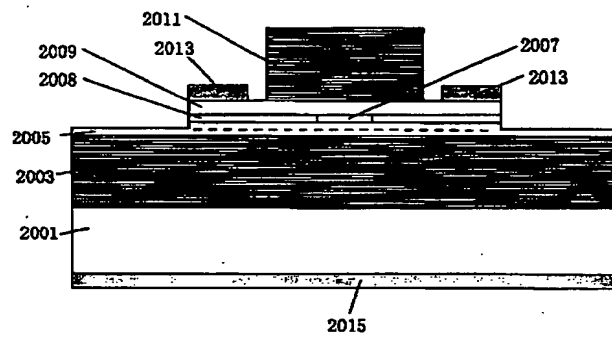
【図5】



【図6】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.